



2010: AÑO INTERNACIONAL DE LA BIODIVERSIDAD



Desde 1959 la Organización de las Naciones Unidas ha ido designando cada año a un tema determinado, a menudo a más de uno. En cinco ocasiones, antes de 2010, se han designado temas de tipo medioambiental, y en el presente año el tema elegido ha sido la biodiversidad. De manera que el año en que estamos es el Año Internacional de la Biodiversidad.

POR JUAN PABLO MARTÍNEZ RICA



Algunas especies de mariposa poseen alas transparentes para camuflarse de sus depredadores.

La eficacia de estas designaciones puede ser discutida, pero no cabe duda de que la ONU cumple con su misión al designar los Años Internacionales. Como organización planetaria que es, tiene que promover el conocimiento de la importancia de algunos elementos ambientales o culturales para el progreso, la estabilidad o la simple supervivencia de la humanidad. Si no otra cosa, por lo menos consigue que proliferen durante doce meses los actos centrados en el tema elegido y, así, no es de extrañar que, en este año 2010, se desarrollen multitud de conferencias, simposios y proyectos centrados en la biodiversidad, y se escriban todavía más artículos sobre el tema.

El mensaje que la ONU pretende difundir este año es muy simple: las vidas humanas dependen de la existencia y buen funcionamiento de una biosfera saludable. Las actividades industriales o comerciales de la humanidad han llegado a representar una amenaza para el buen funcionamiento de la red de la vida, y se requiere una acción coordinada para reducir esta amenaza. El campo de acción es amplio, y va desde la protección a las especies amenazadas a la búsqueda de energías alternativas que disminuyan el daño causado a la biosfera. Es decir, se trata de una manifestación más del programa medioambiental amparado por la ONU. Pero, naturalmente, destacan las iniciativas directamente dedicadas a frenar la pérdida de biodiversidad, muchas de las cuales se enmarcan en el Convenio Global sobre Biodiversidad, vigente desde hace más de una década.

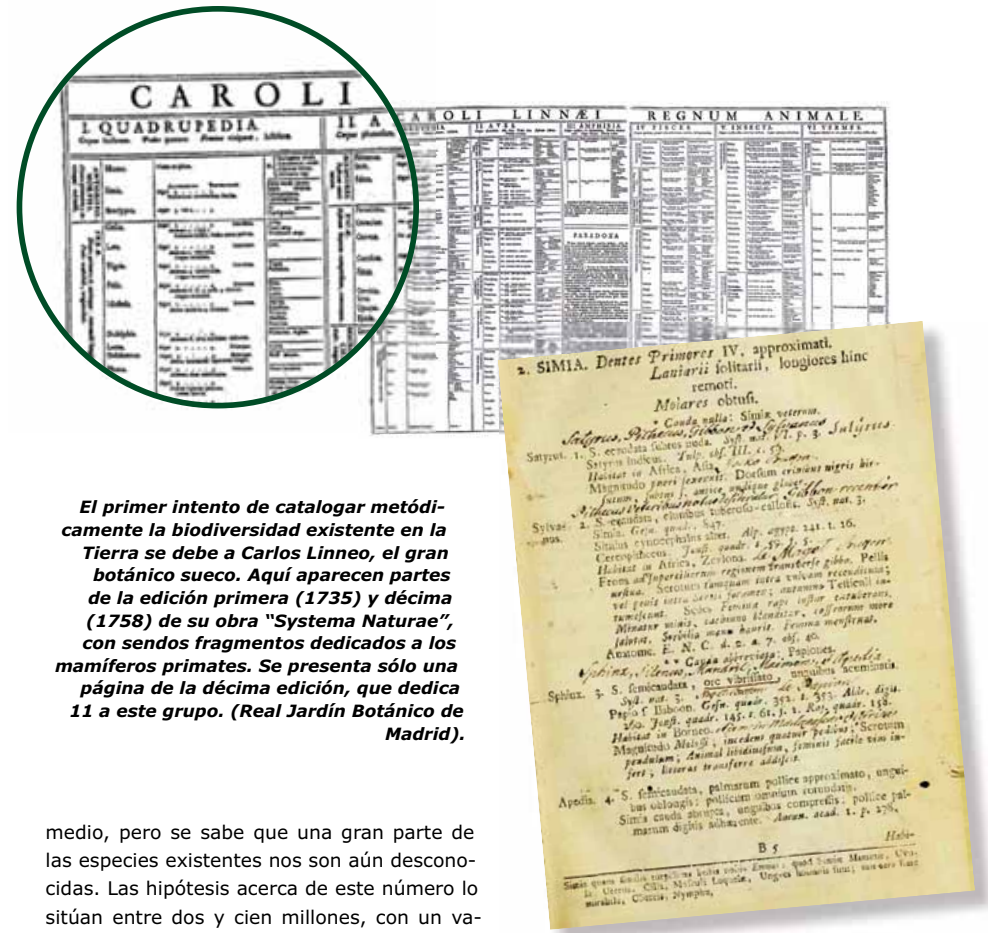
¿QUÉ ES LA BIODIVERSIDAD?

La biodiversidad es una característica esencial de la vida, y corresponde a la variedad de los sistemas vivientes. En el mismo comienzo de la vida en la Tierra, cuando los protoorganismos se reducían a simples gotas de líquido ricas en compuestos orgánicos y rodeadas de

una membrana molecular más o menos estable, ya se daba una diferenciación inicial de los distintos corpúsculos, debida a variaciones en su densidad o en su distancia a los bordes del recipiente que los albergaba. Al fin y al cabo la selección natural, que es el motor de la evolución, se basa en la selección de las diferencias, de modo que si no hay diferencias no hay evolución.

El concepto de biodiversidad es relativamente reciente. Suele atribuirse a O. Wilson, quien lo popularizó en los años 80, aunque la verdad es que es muy anterior. Como tantos otros conceptos difíciles de captar, ha sido muy discutido, e incluso se ha propuesto su supresión al considerarlo una idea vacía, que no contaba con una definición adecuada y no era susceptible de medida. Lo cierto es que, una vez conseguida su clarificación y cuantificación, se ha convertido en una herramienta muy útil para calibrar el estado de salud de la biosfera. Hoy la definición "oficial" que dan las Naciones Unidas es la siguiente: "Biodiversidad, o diversidad biológica, es la variedad existente entre los organismos vivientes a todos los niveles, incluyendo, entre otros, los ecosistemas terrestres y acuáticos, y los complejos ecológicos de que estos ecosistemas forman parte: esto incluye la diversidad dentro de y entre las distintas especies, así como dentro de y entre los distintos ecosistemas".

Una de las estimas, habitualmente usadas de la biodiversidad de un territorio, es la llamada riqueza específica, o número de especies de un determinado grupo que habitan en el mismo. No es lo mismo que la biodiversidad, pero está claramente relacionada con ella. Referida a la totalidad del planeta, es el número de especies vivientes hoy conocidas, y ni siquiera este número, que es básico para la gestión de la biodiversidad y para evaluar la tasa de pérdida de la misma, puede establecerse con precisión. El número de especies hoy catalogadas por la Ciencia se sitúa en poco más de un millón y



El primer intento de catalogar metódicamente la biodiversidad existente en la Tierra se debe a Carlos Linneo, el gran botánico sueco. Aquí aparecen partes de la edición primera (1735) y décima (1758) de su obra "Systema Naturae", con sendos fragmentos dedicados a los mamíferos primates. Se presenta sólo una página de la décima edición, que dedica 11 a este grupo. (Real Jardín Botánico de Madrid).

medio, pero se sabe que una gran parte de las especies existentes nos son aún desconocidas. Las hipótesis acerca de este número lo sitúan entre dos y cien millones, con un valor más probable de entre 10 y 15 millones. Eso significa que conocemos poco más de la décima parte de la riqueza específica con que cuenta nuestro planeta. Y de la décima parte que conocemos hay que descontar sus nueve décimas partes de cuyas especies sabemos, únicamente, que existen.

¿QUÉ SE CONOCE DE LA BIODIVERSIDAD?

No siempre ha sido así. Hace siglos el panorama era más simple: se conocían todas las especies, o al menos así se creía. En el siglo IV a.C. Teofrasto describe 576 especies de plantas, que suponía eran la totalidad de las existentes. Este número se fue haciendo mayor a

lo largo de los siglos y, a comienzos del siglo XVIII cuando nació Carlos Linneo, el número de especies conocidas era de unas 12000, entre plantas y animales.

Cuando tenía 28 años, Linneo publicó en Holanda la primera edición de una obra que se haría famosa, su "Systema Naturae", una especie de cuadro de ordenación de la naturaleza, en el que se recogían las especies de los tres reinos entonces reconocidos, animal, vegetal y mineral. En realidad, era un resumen modesto, que el autor sueco iría ampliando y perfeccionando a lo largo de su vida. Para cuando alcanzó

la décima edición, en 1758, el número de especies consignadas era de unas 13000. Esta edición se considera todavía como el punto de partida de la nomenclatura científica oficial de los seres vivos, y como la primera clasificación ordenada de los mismos. El progreso entre las dos ediciones indicadas es evidente.

Las numerosas especies aportadas por distintos autores de los siglos XVIII y XIX fueron redondeando el catálogo de la biodiversidad del mundo. Hacia mediados del siglo XIX, cuando Darwin enunció su teoría de la evolución, el número de especies conocidas se había elevado hasta casi 400.000, y la pretensión de que dicho catálogo era completo se había abandonado hacía tiempo. Todavía persistían los intentos de desarrollar una fauna y una flora de alcan-

ce mundiales, pero también estos intentos se fueron abandonando a medida que crecía el número de especies catalogadas, y sobre todo a medida que crecía la estima del número de especies aún desconocidas.

La situación ha cambiado recientemente gracias a las posibilidades ofrecidas por los modernos medios informáticos. Evidentemente, la tarea de descubrimiento y descripción de nuevas especies continúa, al tiempo que cambian los conceptos de especie y los métodos de diferenciación de las mismas. Las técnicas de secuenciación de ADN y el desciframiento de los distintos genomas ha revolucionado el sistema de clasificación que hasta ahora se ha usado. Pero, por lo menos, existe ya un horizonte que contempla la catalogación de todos los seres

vivos existentes (ver, por ejemplo, <http://www.catalogueoflife.org>, una página web que en estos momentos cuenta ya con 1.200.000 organismos catalogados). Diversas universidades y centros de investigación de nuestro país participan en este esfuerzo.

¿CÓMO SE MIDE LA BIODIVERSIDAD?

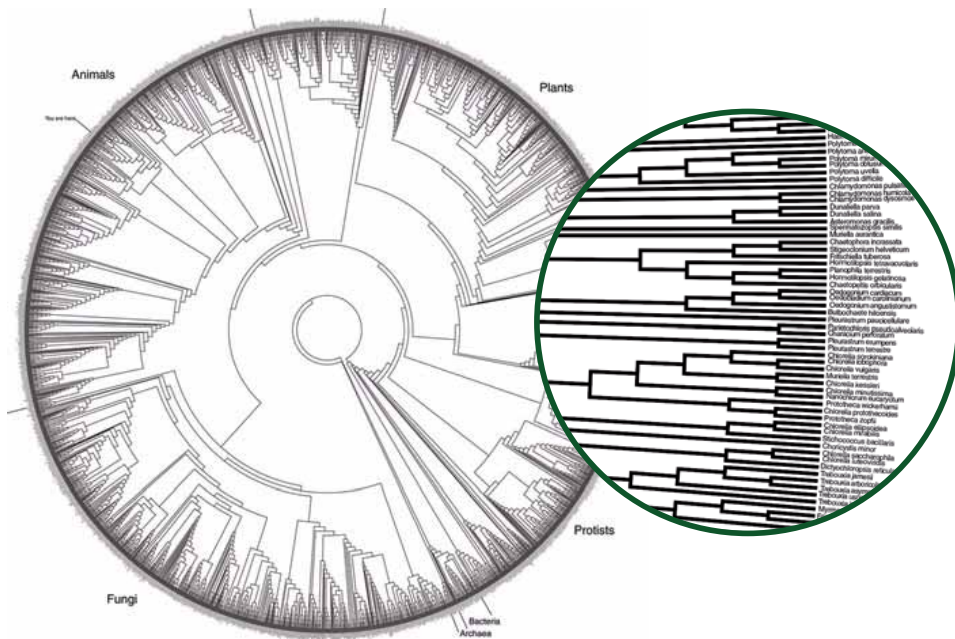
Cuando Claude Shannon publicó en 1948 su libro "La Teoría Matemática de la Comunicación" se abrió un nuevo enfoque para el estudio de la biodiversidad. En ese libro, y en los trabajos precedentes, Shannon creó la llamada "teoría de la Información" que, entre otras cosas, permite cuantificar la información contenida en un sistema evaluando su variedad. Pronto se aplicó el método a los sistemas biológicos, sustituyendo a otros métodos precedentes que se habían empleado para calcular la diversidad biológica. Un ecólogo español, Ramón Margalef, presentó ya en 1956 un trabajo sobre el cálculo de la diversidad biológica de un sistema natural, y continuó investigando sobre este tema durante toda su vida. También desarrolló un índice para cuantificar la biodiversidad existente en un área, que se añadió a los varios que ya existían con el mismo propósito.

Hoy estamos muy familiarizados con la cantidad de información que manejamos con los ordenadores, y sabemos que se mide en bits

“Como se ve, la biodiversidad constituye un concepto multidimensional, y por eso es difícil de definir. No es que no tenga definición, sino que tiene demasiadas.”

o en múltiplos de esta unidad (como el byte, el kilobyte o el megabyte). La biodiversidad de un área puede compararse a la información de un mensaje, en el que cada especie fuera una letra distinta, que se repite tantas veces como individuos de esa especie se encuentran en el área. En ello se basa el índice de Shannon y otros más, que son matemáticamente equivalentes al mismo. La ventaja del uso de tales índices es que miden una entidad más compleja que la simple riqueza específica. En efecto, no sólo dan el número de especies, sino también un valor que pondera las proporciones en que éstas se hallan presentes y que permite la comparación con otras áreas.

El uso de los índices de diversidad ha permitido la cuantificación de esta variable, y también ha permitido distinguir diversos tipos de biodiversidad. Así, los ecólogos hablan de biodiversidad alfa, que es la medida de la variedad de especies en un punto concreto. De biodiversidad beta, que mide el cambio de diversidad entre distintos puntos, o de biodiversidad gamma, que no se aplica a puntos concretos sino a regiones extensas, y que tiene una gran importancia en biogeografía. También distinguen algunos entre diversidad biológica, que sería la biodiversidad potencial de una zona, y biodiversidad, propiamente dicha, que sería el valor real y expresado de la diversidad biológica. Aunque para muchos autores am-



Una representación moderna de la clasificación de los seres vivos, basada en el análisis del ARN mitocondrial de las células. (De D. Hillis, Universidad de Austin, Texas).

SHANNON	$D = -\sum p_i \ln_2 p_i$
MARGALEF	$D = \frac{S-1}{\ln N}$
WILLIAMS	$D = \alpha \ln \frac{N+1}{\alpha}$

Algunos de los índices comunmente empleados en la medida de la biodiversidad. Casi todos los índices se basan en la frecuencia relativa de las distintas especies de la muestra. (Del autor).

Los conceptos son totalmente sinónimos. Y por supuesto, no hay que perder de vista que la biodiversidad puede estudiarse en distintos objetos y, así, hay que distinguir la biodiversidad taxonómica que es la considerada usualmente, la biodiversidad genética, la ecológica, la molecular, la cultural, etc. Como se ve, la biodiversidad constituye un concepto multidimensional, y por eso es difícil de definir. No es que no tenga definición, sino que tiene demasiadas.

¿QUÉ IMPORTANCIA TIENE LA BIODIVERSIDAD?

Mantener, en los ecosistemas de nuestro planeta, un nivel elevado de biodiversidad no es importante porque lo digan las Naciones Unidas, ni debe limitarse al presente año. Una región con alta biodiversidad es como una red con mallas múltiples, en la que la rotura de

un hilo no tiene consecuencias graves porque existen otros hilos paralelos que mantienen la malla unida. En la naturaleza, los hilos de conexión son las vías por las que circula la materia y la energía, y que permiten el mantenimiento de la estructura. Hay pues una relación directa entre la diversidad y la estabilidad de un ecosistema, y esta relación se ha demostrado experimentalmente en muchos casos.

La pérdida de una especie repercute normalmente en otras especies. Si desaparece una planta desaparecen, también, los animales que se alimentan exclusivamente de ella. Si desaparece una especie de insecto polinizador, a menudo, las flores que dependen del mismo no pueden ser fecundadas, y la especie se extingue también. Algunas especies tienen un papel clave en los ecosistemas, son como la piedra angular de un arco. Si estas especies se extinguen, o incluso si sus poblaciones disminuyen

fuertemente, las consecuencias para el ecosistema en que se insertan son catastróficas. Así ha sucedido, por ejemplo, con la nutria marina en las costas americanas del Pacífico Norte, o con el conejo, en los ecosistemas mediterráneos españoles.

Otras especies no son esenciales para el funcionamiento de un ecosistema, pero su presencia es una señal de que el mismo goza de buena salud. Por ejemplo, los bosques pirenaicos funcionarían muy bien sin osos pardos pero la presencia del oso, que requiere amplios espacios forestados, con árboles maduros y con poca intervención humana, indica que tales bosques existen y que tienen una extensión suficiente. Esto, claro está, si la presencia de la especie

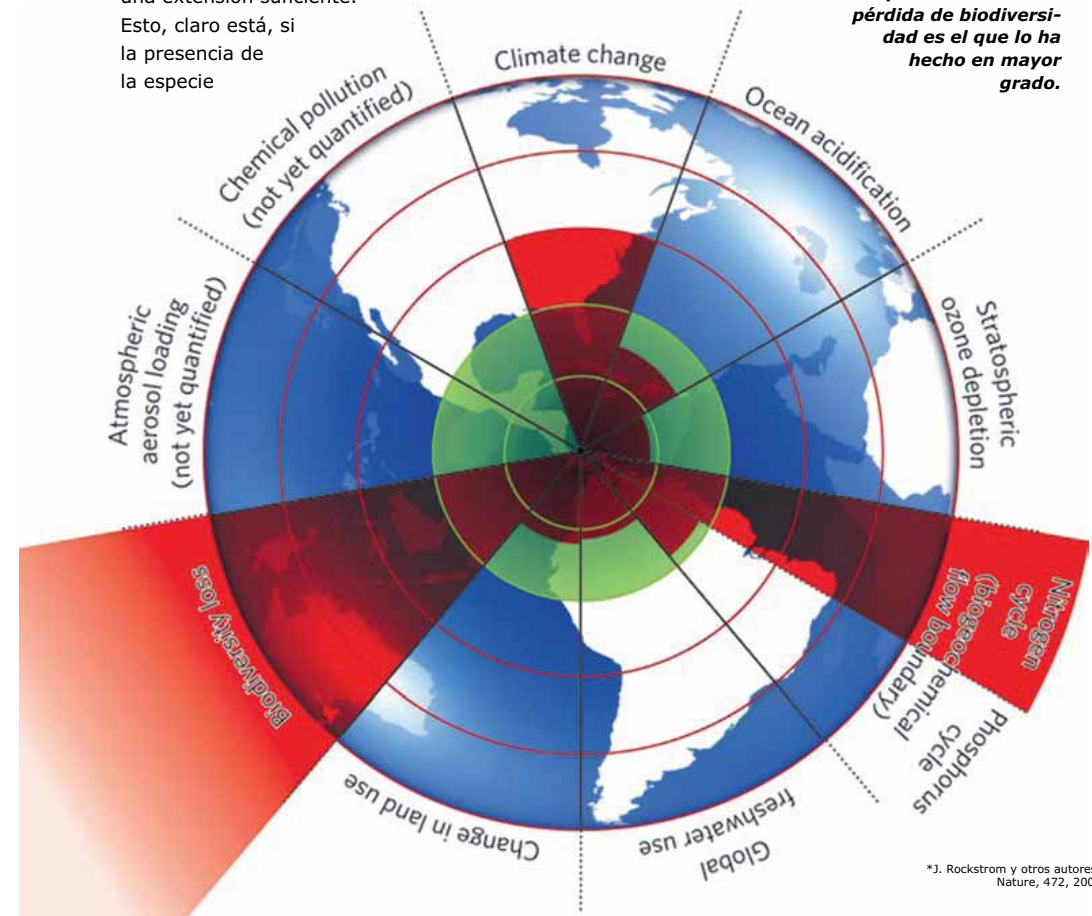
no se debe a una reintroducción artificial y forzada. En este último caso, la especie emblemática puede mantenerse en un ecosistema que ya no reúne las condiciones adecuadas para ello.

Por éste y otros motivos, una elevada biodiversidad es un indicador de que el área considerada goza de buena salud ecológica. Y también por este motivo, la pérdida de biodiversidad

Algunos indicadores básicos de la salud del planeta. Tres de ellos han sobrepasado ya el límite de seguridad, y el que corresponde a la tasa de pérdida de biodiversidad es el que lo ha hecho en mayor grado.



Las especies clave son aquellas de las que depende en gran parte el funcionamiento de un ecosistema, y cuya disminución puede llevar al colapso del mismo. Las especies emblemáticas son adecuados indicadores del estado saludable de un ecosistema. (Del autor).



*J. Rockstrom y otros autores; Nature, 472, 2009

es uno de los indicadores más empleados para evaluar el deterioro de la biosfera. Precisamente, en uno de los últimos números de la revista "Nature", aparece un artículo muy revelador en el que se recoge la situación de nueve indicadores sobre el estado del planeta. Estos nueve indicadores han sido elegidos por consenso entre numerosos especialistas en distintas disciplinas. Algunos de ellos, tres en concreto, parecen haber llegado a, o sobrepasado, un punto crítico, es decir, han cruzado el umbral que marca el comienzo de una situación catastrófica, quizás irreversible. Y de estos tres, el que ha sobrepasado en mayor grado el límite de seguridad es la tasa global de pérdida de biodiversidad. Esta tasa oscilaba, en la época preindustrial, entre 0.1 y una especie por millón extinguidas cada año, cuando el límite de seguridad se sitúa en unas 10 especies extinguidas por millón y año ya que se considera que ésta es la tasa media de formación de nuevas especies. Pues bien, su valor actual es de 100 especies extinguidas por millón y año, es decir, una tasa diez veces superior a la del límite de seguridad.

¿CÓMO SE DISTRIBUYE LA BIODIVERSIDAD?

La biodiversidad no se distribuye regularmente ni en el espacio, ni en el tiempo, ni en los distintos grupos taxonómicos. Existen puntos, épocas o grupos con una biodiversidad muy elevada y otros que la tienen escasa, y explicar estas diferencias constituye hoy uno de los problemas básicos de la ecología. Comencemos indicando algo sobre la distribución de la biodiversidad en los diferentes grupos de animales y vegetales.

Se dice que Thomas Huxley, el amigo de Charles Darwin y ferviente propagador de las ideas de éste, preguntado en una ocasión por su idea de Dios respondió: "No puedo decir mucho de Él, pero estoy seguro de que le gustan bastante

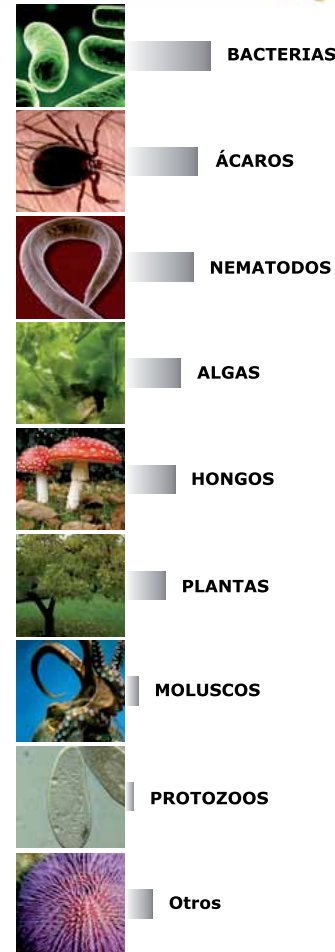
los escarabajos". Con esto quería dar a entender que, entre los seres vivos, son los insectos los que cuentan con mayor número de especies y que, dentro de los insectos, el grupo con mayor variedad es el de los escarabajos o coleópteros. En efecto, los artrópodos, grupo en el que se integran los insectos, albergan más del 80% de todas las especies conocidas, y el orden de los coleópteros incluye unas 350000 de ellas. Por el contrario, existen numerosos grupos de gran entidad que no cuentan más que con una especie, de manera que ella es la única especie del orden (caso, p. ej., del cerdo hormiguero que forma, por sí solo, el orden de los mamíferos tubulidentados), de la clase (caso del ginkgo, la sola especie de la clase ginkgoales) o incluso del tipo o phylum, (como el pequeño invertebrado *Limnognathia maerski* que es el único miembro del tipo micrognatozoos).

Otros grupos, además de los insectos, comprenden multitud de especies y, al menos, otros tantos contienen sólo unas pocas. Claro está que la pérdida de una de las pocas especies de estos grupos raros conlleva un perjuicio mucho mayor que si ocurre en un grupo muy variado. Y del mismo modo, el hallazgo de una especie nueva en un grupo pequeño comporta un incremento notable del valor de la biodiversidad en el grupo. A pesar de su escasa frecuencia, estos descubrimientos ocasionales de organismos adscritos a grupos minúsculos son extraordinariamente valiosos, y aclaran muchos aspectos de la evolución de los organismos. Algunos se han producido en tiempos recientes, como el mencionado grupo de los micrognatozoos descubierto en Groenlandia el año 2000.

La distribución de la biodiversidad en el espacio también muestra patrones interesantes. Es un hecho bien conocido que las regiones tropicales presentan una biodiversidad mucho más elevada que las zonas templadas o frías, lo cual lleva a suponer una relación entre la tempera-



En esta figura, la extensión de cada rectángulo es proporcional al número de especies probables que albergan los principales grupos: Artrópodos (salvo ácaros), Bacterias, Ácaros, Nematodos, Algas, Hongos, Fanerógamas, Moluscos, y Protozoos. (Del autor).

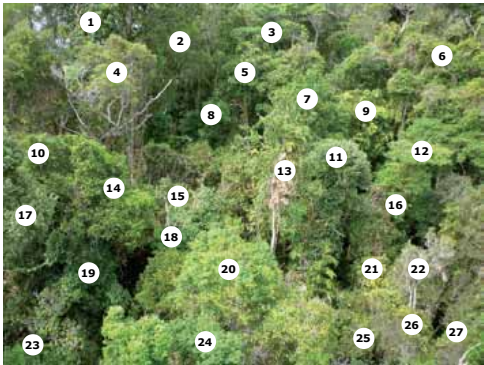


tura media de un territorio y su biodiversidad. En realidad la cosa no es tan sencilla, pues algunos desiertos, que son muy cálidos, mantienen una biodiversidad escasa. Pero no puede negarse que la comparación entre una selva tropical y un bosque templado revela cuanto más variada es la primera que el segundo, y lo mismo puede decirse de los arrecifes coralinos comparados con las costas de las regiones templadas o frías.

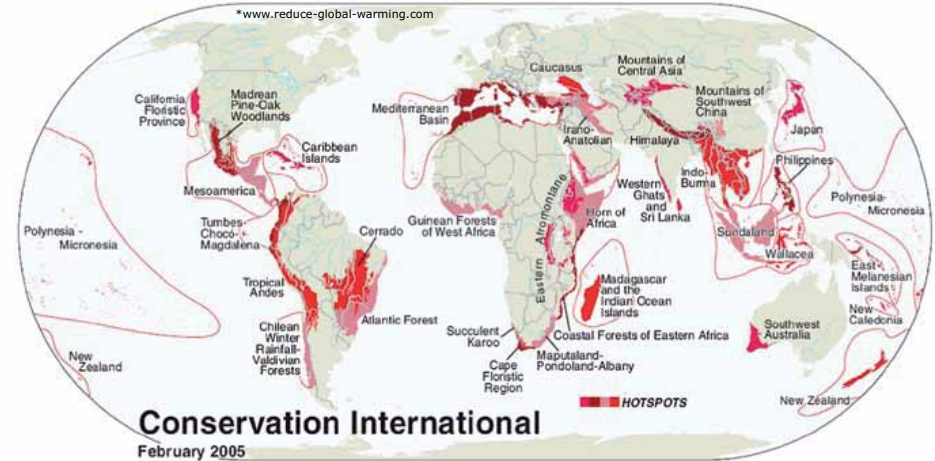
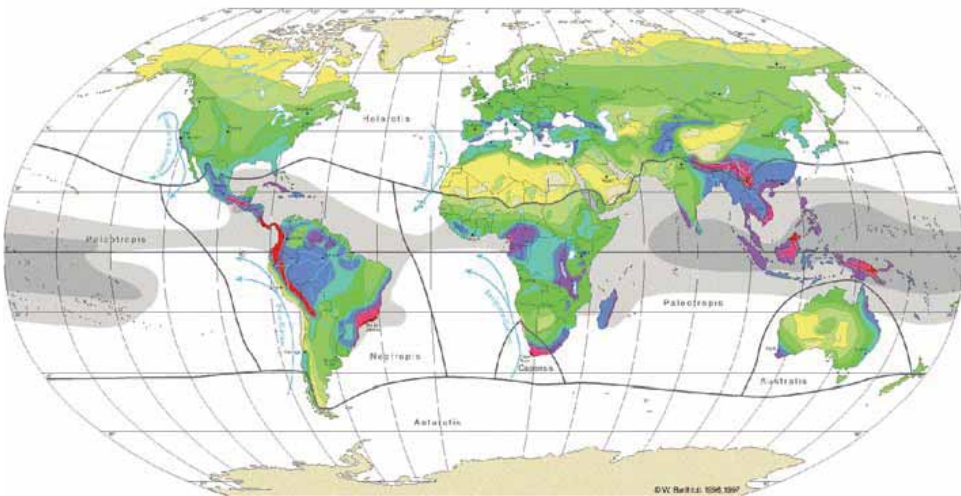
Los puntos donde la biodiversidad alcanza valores más elevados se califican de "hot spots" o puntos calientes. Las Naciones Unidas, y muchas otras organizaciones, han señalado los principales de estos puntos y regiones, unas tres docenas, donde se acumula la mayor parte de la biodiversidad del planeta. Tales zonas deben ser especialmente protegidas y algunas gozan ya, al menos sobre el papel, de unas medidas protectoras eficaces, pero la mayoría sufren una presión desmedida por parte del hombre y se deterioran rápidamente. La mayor parte de estas regiones se sitúan, como se aprecia en la figura, en áreas tropicales. Pero la Cuenca Mediterránea, incluyendo gran parte de nuestro país, es también una de dichas regiones. Y dentro de España, son las Cordilleras Béticas y los Pirineos las áreas privilegiadas en cuanto a biodiversidad.



Comparación entre un bosque boreal, en Alaska, y una selva tropical, en el norte de Australia. En las fotografías se han señalado las especies arbóreas diferentes que pueden distinguirse. En el caso de la selva australiana la estimación es a la baja, ya que se han considerado como idénticas varias especies que probablemente son distintas. (Del autor).



Abajo, distribución de la diversidad de plantas con flor en el mundo. La vertiente oriental de los Andes, la meridional del Himalaya y el norte de Borneo son las áreas con mayor variedad.



Los principales núcleos de alta biodiversidad en el mundo. Obsérvese que uno de ellos es la Cuenca Mediterránea.

¿CÓMO CAMBIA LA BIODIVERSIDAD?

A lo largo de la historia de la vida, el número de especies ha ido aumentando global y localmente a medida que las especies primitivas se han ido diversificando, y sus descendientes han ido ocupando nuevos nichos ecológicos. La tasa de formación de nuevas especies no es uniforme, de manera que existen épocas en las que apenas se dan cambios, y otras en que aparecen rápidamente numerosas especies nuevas. Desde luego, las especies también se extinguen naturalmente pero la tasa de aparición de nuevas especies es, en conjunto, superior a la tasa de extinción y, de ahí, la tendencia al aumento general del número de especies. Esta tendencia, sin embargo, se ve interrumpida a veces por retrocesos en los que el número de especies disminuye bruscamente y, en ocasiones, intensamente. Son las llamadas "crisis de biodiversidad", de las cuales se han registrado cinco principales desde la aparición de los primeros organismos que han dejado restos fósiles.

La más conocida de estas crisis de biodiversidad es la que tuvo lugar al final de la Era Mesozoica, cuando un asteroide de unos 10 km de diámetro impactó contra la Tierra con una energía 250 veces superior a la de la explosión combinada de todas las armas nucleares existentes hoy en nuestro planeta. Como consecuencia del choque, desaparecieron muchas formas de vida, incluyendo los grandes reptiles, y se remodeló toda la biosfera, al menos en el hemisferio norte. Pero esta crisis no ha sido la más grave. Al final de la Era Paleozoica, tuvo lugar otra más importante, la crisis permotriásica que entrañó la desaparición de gran parte de las especies existentes, hasta el 95 % en algunos grupos marinos.

Las pérdidas de biodiversidad ocasionadas por estas crisis son pronto compensadas (pronto en términos geológicos, es decir, en unos cuantos millones de años) por el subsiguiente incremento en la tasa, de formación de nuevas especies. Al menos éste ha sido el patrón que



se ha dado hasta ahora, cuando nos hallamos en la llamada sexta crisis de la biodiversidad debida, casi exclusivamente, a la acción humana.

Ya se ha aludido anteriormente al enorme aumento de la tasa de pérdida de biodiversidad en nuestros días. Las consecuencias negativas de esta crisis son negadas por algunos, quienes sostienen que la presente no es más intensa ni más rápida que alguna de las crisis anteriores. Es verdad que las catástrofes debidas a impactos asteroidales son prácticamente instantáneas, y por ello la tasa de desaparición de especies que comportan es elevadísima. Pero en esos casos, la causa de la crisis desaparece en cuanto ésta se ha producido, y la naturaleza cuenta con un tiempo suficiente de calma para su recuperación, aunque sea en unos millones de años. En el caso de la crisis que vivimos no es así, la acción de los factores causantes de la crisis es más intensa y rápida que en las crisis precedentes, salvo en las derivadas de impactos meteóricos pero, además, es persistente y acumulativa. Si bien no ha alcanzado todavía las dimensiones de estas crisis pretéritas, no se puede descartar que las supere en unos pocos siglos, un tiempo que en términos geológicos es un parpadeo.

Esta previsión puede ser tildada de catastrófica, aunque la comparten la mayoría de los expertos, que se suponen realistas y objetivos. Quizás un optimismo desmedido e injustificado nos pueda llevar a ignorar este aviso o a quitarle importancia. Pero es difícil evitar un sentimiento de angustia cuando se ven las señales de la degradación de nuestro mundo, señales

El retroceso de la selva por talas masivas en la Amazonia alcanza ya proporciones dramáticas, como se aprecia en estas fotografías del suroeste de Brasil. (A partir de mapas de Google Earth).

que ya han alcanzado dimensiones planetarias. Así se están perdiendo los depósitos de biodiversidad, como son los manglares o los arrecifes coralinos. Así, las grandes selvas tropicales y, especialmente, la cuenca del Amazonas, que no sólo es un pulmón del planeta sino también la mayor reserva de biodiversidad, se pierden también a pasos agigantados. Las fotografías de satélite permiten hoy percibir la magnitud de la pérdida forestal en esas áreas, y son realmente escalofriantes. Y no es ésta una alusión impropia para terminar este artículo pues, transcurrido este Año Internacional de la Biodiversidad, se iniciará el año 2011 que las Naciones Unidas han declarado Año Internacional de los Bosques.

Juan Pablo Martínez Rica

Miembro de la Real Academia de Ciencias de Zaragoza

